

IV-111

地下鉄振動による地表面土粒子の運動軌跡

東京都交通局 正会員 古田 勝
 （株）大林組 秋好 賢治
 東京都立大学 正会員 長嶋 文雄

1. はじめに

地表面付近に振動源が在る場合には一般に表面波の影響が大きいことが知られている。一方、媒体内部に点振動源が在る場合には表面波の影響はそれ程大きくならないという報告がある。いずれにしても表面波の影響の大きさは振動源と半無限境界との相対位置、媒体の物性と構造、振動の周波数特性やエネルギー等に関係するものと思われる。地下鉄円形シールドトンネルの埋設深さは断面の直径Dに対して1D～3D程度であり、点振動源と見做すことができない等の特長がある。さらにそこで発生する振動は非常に周波数の高いものであり、これによる表面波の影響がどの程度であるかは非常に興味深い問題である。今回この一資料として、軟弱地盤中に深さ2D弱で埋設された単線シールドトンネルと比較的良質な地盤中に深さ約1.5Dで埋設された複線シールドトンネルの地表面の土粒子の三次元的な運動軌跡を調査したが、この結果の概要を報告する。

2. 測定および解析方法

地表面の測定点は軌道中心の直上を0mとし、この点を含み、6.25、12.5、25.0、37.5、50.0mの計6点とした。1点当たり、上下(Z)方向、列車進行(X)方向および列車進行方向に対し直角方向(Y)方向の3方向の振動速度を測定した。ただし、上下方向のみ加速度も測定した。

測定地点は、図-1に示すような東京江東地区の沖積地盤に敷設された都営新宿線Kシールドトンネル（単線）と図-2に示すような東京の丘陵地区の洪積地盤に敷設された都営三田線Hシールドトンネル（複線）の2地点である。以下これらの測定地点をそれぞれK地点、H地点と呼ぶことにする。両地点とも軌道構造は同一であり、列車速度は約65kmの箇所を選んでいる。また、地下鉄振動と道路交通振動の比較をするために、大型自動車が測定地点（沖積地盤上）付近を通過した際の運動軌跡も測定した。

振動速度波を1/500秒刻みでA/D変換した後、フーリエ変換を用いた積分により変位を求め、二次元および三次元の地表面土粒子運動軌跡を作画している。図-3に積分の精度を調べた結果を示す。実測した速度波形が(a)、加速度（実測）波形を積分して得られた速度波形が(b)である。振幅、位相とも非常によく一致している。ただし、積分した波にはどうしても若干低周波振動が混在するが、これを除去するために非常に僅かなフィルターをかけている。

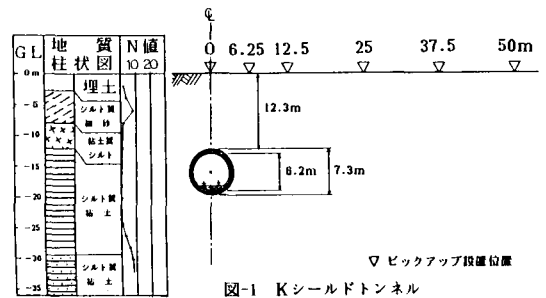


図-1 Kシールドトンネル

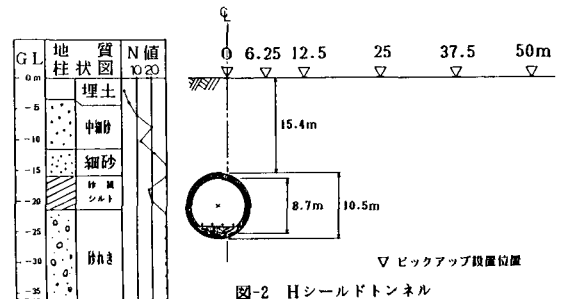


図-2 Hシールドトンネル

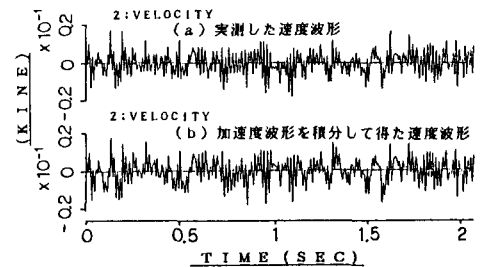


図-3 実測の振動速度波形及び積分して得た速度波形

3. 測定結果

図-4にK地点(沖積地盤)の6.25m(図-4(a))および37.5m(図-4(b))の測点における0.5秒間の土粒子の運動軌跡を、図-5にH地点(洪積地盤)の37.5mの測点における0.5秒間の軌跡を示す。また、図-6にK地点で測定した道路交通振動の軌跡を示す。道路交通振動の軌跡にはレーリー波特有の楕円運動が明確に見られる。これに対して図-4および図-5では不規則な運動となっており明確な楕円運動は見られない。ただし、軟弱地盤におけるK地点の37.5mの測点において僅かに楕円運動に近い動きが見られる。

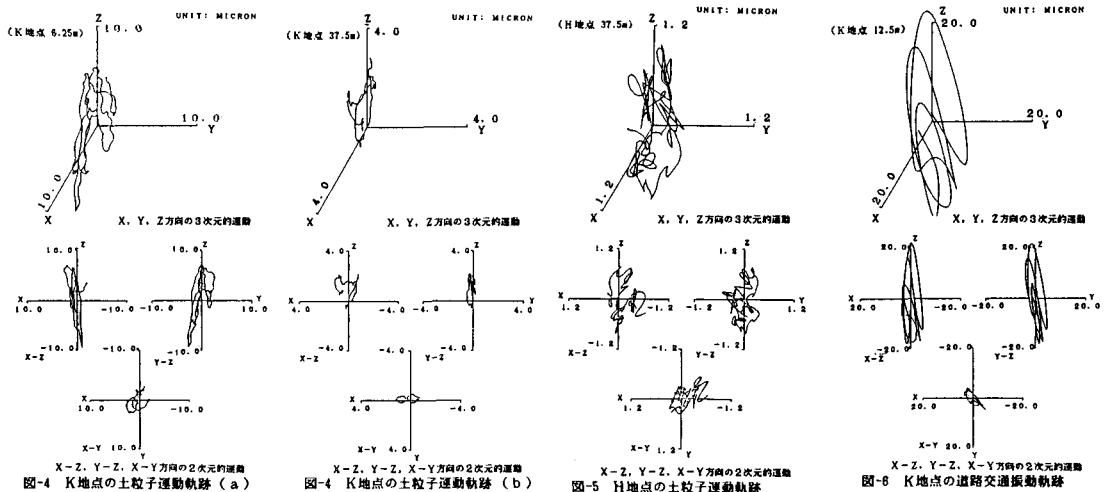


図-7は加速度、速度および変位の最大振幅の、列車進行直角方向距離に関する分布の様子をしめしたものであり、(a)がK地点、(b)がH地点のものである。速度振幅は両者とも同程度であるが、H地点(洪積地盤)では変位振幅が小さい。これはH地点の波動がやや高めの周波数成分を多く含んでいたためであると考えられる。加速度はH地点のものが若干大きい。従って、振動レベルもやや高い。これは測定時に受けた実際の振動感覚と一致するものである。

4. おわりに 地下鉄振動においては表面波の影響が少ないと思われる結果が得られた。これは地中を伝播する波動が高周波であり、また比較的低レベルであるためと思われる。沖積地盤の振動源からかなり離れた測点において表面波らしきものを観測したが、この測点における加速度の値は非常に小さいので、加速度に基づいて評価する環境振動に対する影響は少ない。

